

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-173224

(43)Date of publication of application : 26.06.1998

(51)Int.Cl.

H01L 33/00

(21)Application number : 08-328558

(71)Applicant : TOSHIBA CORP

(22)Date of filing : 09.12.1996

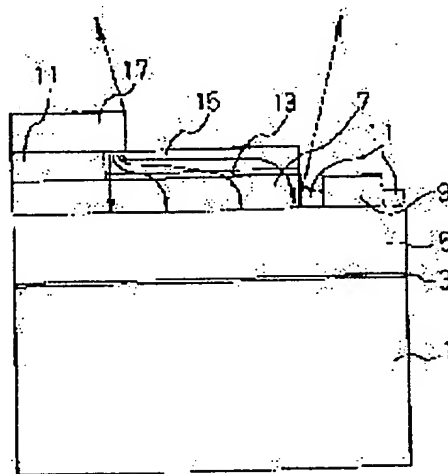
(72)Inventor : OKAZAKI HARUHIKO
WATANABE YUKIO

(54) COMPOUND SEMICONDUCTOR LIGHT EMITTING ELEMENT AND ITS MANUFACTURE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain a compound semiconductor light emitting element which is suitable for mass production by forming a metallic thin film electrode containing a dopant of the same conductivity as that of a compound semiconductor layer on the semiconductor layer and an electrode which is brought into contact with at least part of a transparent electrode formed on the thin film electrode.

SOLUTION: An SiO₂ film 11 which becomes an insulating film is partially formed on the surface of a p-type GaN layer 7 containing Mg as a p-type dopant and a metallic thin film 13 containing Mg which is the same p-type dopant as that contained in the GaN layer 7 and an ITO transparent electrode 15 are formed in an area where the SiO₂ film 11 is not formed on the surface of the GaN layer 7. Since a P-side electrode 17 for bonding pad which is brought into contact with part of the ITO transparent electrode 15 is formed on the SiO₂ film 11, the transparent electrode 15 can be formed easily without sacrificing the ohmic property of the electrode 15 by the action of the metallic thin film electrode 13 containing Mg.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-173224

(43) 公開日 平成10年(1998) 6月26日

(51) Int.Cl.⁶

H 0 1 L 33/00

識別記号

F I

H 0 1 L 33/00

C

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願平8-328558

(22) 出願日 平成8年(1996)12月9日

(71) 出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72) 発明者 岡崎 治彦

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地 株式会
社東芝川崎事業所内

(72) 発明者 渡辺 幸雄

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地 株式会
社東芝川崎事業所内

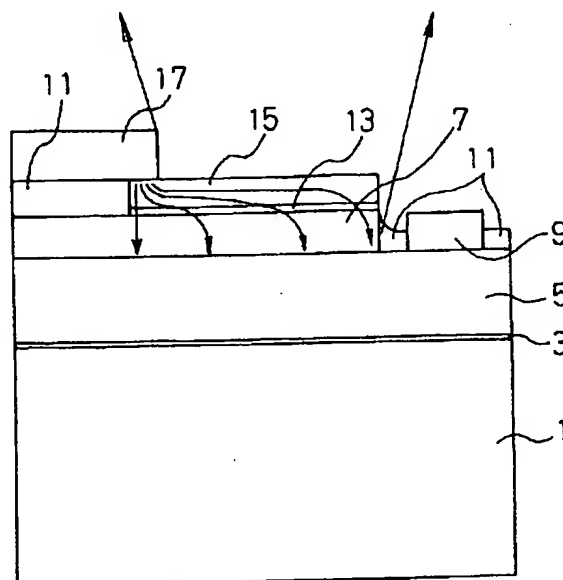
(74) 代理人 弁理士 三好 秀和 (外3名)

(54) 【発明の名称】 化合物半導体発光素子及びその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 生産コストが低く、量産性に適し、かつ十分な発光パワーが得られる化合物半導体発光素子及びその製造方法を提供する。

【解決手段】 サファイア基板1の上にGa Nバッファ層3、n型Ga N層5、p型ドーパントのMgを含むp型Ga N層7を成長させる。露出したn型Ga N層5の上に、p型Ga N層7と絶縁するN側電極9を形成する。p型Ga N層7の上にSi O₂膜11、及びp型Ga N層7と同一p型ドーパントのMgを含む金属薄膜電極13を形成する。金属薄膜電極13の上に、ITO (Indium Tin Oxide) 透明電極15を形成する。Si O₂膜11の上に、ITO透明電極15の一部と接するボンディングパッド用P側電極17を形成する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 GaN系化合物半導体層から光を取り出す化合物半導体発光素子であって、

サファイア基板と、

該サファイア基板上に成長した第1導電型 $\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_z\text{N}$ 層 ($x+y+z=1$, $0 \leq x, y, z \leq 1$) と、

該第1導電型GaN層上に成長した第2導電型 $\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_z\text{N}$ 層 ($x+y+z=1$, $0 \leq x, y, z \leq 1$) と、

該第2導電型GaN層と絶縁され、前記第1導電型 $\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_z\text{N}$ 層 ($x+y+z=1$, $0 \leq x, y, z \leq 1$) 上に形成された第1電極と、

前記第2導電型 $\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_z\text{N}$ 層 ($x+y+z=1$, $0 \leq x, y, z \leq 1$) 上の一部領域に形成された絶縁膜と、

前記第2導電型 $\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_z\text{N}$ 層 ($x+y+z=1$, $0 \leq x, y, z \leq 1$) 上の前記絶縁膜形成領域以外の領域に形成された、前記第2導電型 $\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_z\text{N}$ 層 ($x+y+z=1$, $0 \leq x, y, z \leq 1$) と同一導電型ドーパントを含む金属薄膜電極と、

該金属薄膜電極上に形成された透明電極と、

前記絶縁膜上に形成され、少なくとも前記透明電極の一部と接する第2電極とを具備したことを特徴とする化合物半導体発光素子。

【請求項2】 GaN系化合物半導体層から光を取り出す化合物半導体発光素子の製造方法であって、

サファイア基板上に第1導電型 $\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_z\text{N}$ 層 ($x+y+z=1$, $0 \leq x, y, z \leq 1$) を成長させる工程と、

該第1導電型 $\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_z\text{N}$ 層 ($x+y+z=1$, $0 \leq x, y, z \leq 1$) 上に第2導電型GaN層を成長させる工程と、

前記第1導電型 $\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_z\text{N}$ 層 ($x+y+z=1$, $0 \leq x, y, z \leq 1$) 上に前記第2導電型GaN層と絶縁する第1電極を形成する工程と、

前記第2導電型 $\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_z\text{N}$ 層 ($x+y+z=1$, $0 \leq x, y, z \leq 1$) 上の一部領域に絶縁膜を形成する工程と、

前記第2導電型 $\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_z\text{N}$ 層 ($x+y+z=1$, $0 \leq x, y, z \leq 1$) 上の前記絶縁膜形成領域以外の領域に、前記第2導電型 $\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_z\text{N}$ 層 ($x+y+z=1$, $0 \leq x, y, z \leq 1$) と同一導電型ドーパントを含む金属薄膜電極を形成する工程と、

該金属薄膜電極上に透明電極を形成する工程と、
前記絶縁膜上に、少なくとも前記透明電極の一部と接する第2電極を形成する工程とを具備したことを特徴とする化合物半導体発光素子の製造方法。

【請求項3】 GaN系化合物半導体層から光を取り出す化合物半導体発光素子であって、

サファイア基板と、

該サファイア基板上に成長した第1導電型 $\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_z\text{N}$ 層 ($x+y+z=1$, $0 \leq x, y, z \leq 1$) と、

該第1導電型 $\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_z\text{N}$ 層 ($x+y+z=1$, $0 \leq x, y, z \leq 1$) 上に成長した、半絶縁層を有する第2導電型 $\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_z\text{N}$ 層 ($x+y+z=1$, $0 \leq x, y, z \leq 1$) と、

該第2導電型 $\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_z\text{N}$ 層 ($x+y+z=1$, $0 \leq x, y, z \leq 1$) と絶縁され、前記第1導電型 $\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_z\text{N}$ 層 ($x+y+z=1$, $0 \leq x, y, z \leq 1$) 上に形成された第1電極と、

前記第2導電型 $\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_z\text{N}$ 層 ($x+y+z=1$, $0 \leq x, y, z \leq 1$) の半絶縁層以外の層上に形成された、前記第2導電型 $\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_z\text{N}$ 層 ($x+y+z=1$, $0 \leq x, y, z \leq 1$) と同一導電型ドーパントを含む金属薄膜電極と、

該金属薄膜電極上に形成された透明電極と、

前記第2導電型 $\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_z\text{N}$ 層 ($x+y+z=1$, $0 \leq x, y, z \leq 1$) の半絶縁層上に形成され、少なくとも前記透明電極の一部と接する第2電極とを具備したことを特徴とする化合物半導体発光素子。

【請求項4】 GaN系化合物半導体層から光を取り出す化合物半導体発光素子の製造方法であって、

サファイア基板上に第1導電型 $\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_z\text{N}$ 層 ($x+y+z=1$, $0 \leq x, y, z \leq 1$) を成長させる工程と、

該第1導電型 $\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_z\text{N}$ 層 ($x+y+z=1$, $0 \leq x, y, z \leq 1$) 上に半絶縁層を有する第2導電型 $\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_z\text{N}$ 層 ($x+y+z=1$, $0 \leq x, y, z \leq 1$) を成長させる工程と、

前記第1導電型 $\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_z\text{N}$ 層 ($x+y+z=1$, $0 \leq x, y, z \leq 1$) 上に前記第2導電型 $\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_z\text{N}$ 層 ($x+y+z=1$, $0 \leq x, y, z \leq 1$) と絶縁する第1電極を形成する工程と、

前記第2導電型 $\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_z\text{N}$ 層 ($x+y+z=1$, $0 \leq x, y, z \leq 1$) の半絶縁層以外の層上に、前記第2導電型 $\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_z\text{N}$ 層 ($x+y+z=1$, $0 \leq x, y, z \leq 1$) と同一導電型ドーパントを含む金属薄膜電極を形成する工程と、

該金属薄膜電極上に透明電極を形成する工程と、

前記第2導電型 $\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_z\text{N}$ 層 ($x+y+z=1$, $0 \leq x, y, z \leq 1$) の半絶縁層上に、少なくとも前記透明電極の一部と接する第2電極を形成する工程とを具備したことを特徴とする化合物半導体発光素子の製造方法。

【請求項5】 GaAs系化合物半導体層から光を取り出す化合物半導体発光素子であって、

第1導電型GaAs基板と、

該第1導電型GaAs基板上に積層した複数層のAlG

AlInP層と、

これらAlGaInP層の最上層に形成された第2導電型GaAs層と、

該第2導電型GaAs層上の一部領域に形成された絶縁膜と、

前記第2導電型GaAs層上の前記絶縁膜形成領域以外の領域に形成された、前記第2導電型GaAs層と同一導電型ドーパントを含む金属薄膜電極と、

該金属薄膜電極上に形成された透明電極と、

前記絶縁膜上に形成され、少なくとも前記透明電極の一部と接する第1電極と、

前記第1導電型GaAs基板裏面に形成された第2電極とを具備したことを特徴とする化合物半導体発光素子。

【請求項6】 GaAs系化合物半導体層から光を取り出す化合物半導体発光素子の製造方法であって、

第1導電型GaAs基板上に複数層のAlGaInP層を積層させる工程と、

これらAlGaInP層の最上層に第2導電型GaAs層を形成する工程と、

該第2導電型GaAs層上の一部領域に絶縁膜を形成する工程と、

前記第2導電型GaAs層上の前記絶縁膜形成領域以外の領域に、前記第2導電型GaAs層と同一導電型ドーパントを含む金属薄膜電極を形成する工程と、

該金属薄膜電極上に透明電極を形成する工程と、

前記絶縁膜上に、少なくとも前記透明電極の一部と接する第1電極を形成する工程と、

前記第1導電型GaAs基板裏面に第2電極を形成する工程とを具備したことを特徴とする化合物半導体発光素子の製造方法。

【請求項7】 前記絶縁膜は、第1導電型AlGaInP膜あるいは第1導電型GaAs膜であることを特徴とする請求項5及び6記載の化合物半導体発光素子及びその製造方法。

【請求項8】 前記金属薄膜電極は、複数の島状に配置されることを特徴とする請求項1乃至7記載の化合物半導体発光素子及びその製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、化合物半導体層から光を取り出す化合物半導体発光素子に関し、特に透明電極を利用した化合物半導体発光素子及びその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】以前より、半導体発光素子の開発が盛んに行われているが、青色や緑色などの発光強度の高い色を発光させるのがなかなか困難であった。そこで最近、GaN、InGaN、GaAlN等のGaN系化合物半導体材料を用いた発光素子が、青色発光ダイオード(LED)やレーザダイオード(LD)として注目されてき

た。

【0003】このGaN系化合物半導体発光素子は、サファイア基板上に化合物半導体層を成長させる。サファイア基板は絶縁性基板であるため、GaAs等を用いた発光素子のように基板側に電極を設けることができない。そこで、化合物半導体成長層側にP側電極、N側電極を共に形成する必要がある。さらに、サファイア基板が発光波長に対して透光性があるため、サファイア基板を上、電極側を下にしてマウントし、サファイア基板側から光を取り出すことが多い。

【0004】図12は、従来のGaN系化合物半導体発光素子の断面構造図である。サファイア基板1の上に、電極9、17が下に向けられている。サファイア基板1の下にはGaNバッファ層3、n型GaN層5、p型GaN層7が結晶成長している。p型GaN層7の一部がエッチング除去されて露出したn型GaN層5にN側電極9が、p型GaN層7にP側電極17が形成されている。これらP側電極17とN側電極9が、リードフレーム53の上に銀ペースト等の導電性接着剤料55でマウントされている。

【0005】このような構造のGaN系化合物半導体発光素子では、図のようにn型GaN層5を介してp型GaN層7からN側電極9へ向けて電流が流れ、n型GaN層5とp型GaN層7との接合面で発光した光が、サファイア基板1を通して取り出される。

【0006】一方、GaAs、AlGaAs、AlGaInP等のGaAs系化合物半導体材料を用いた発光素子も、赤色や緑色系の発光ダイオードとして多用されている。このGaAs系化合物半導体発光素子は、GaAs基板上に複数層のAlGaInP層を積層させ、P側電極あるいはN側電極の一方をAlGaInP層側に、他方をGaAs基板裏面に形成する。

【0007】活性層で発光した光を、電極で遮られることなくAlGaInP層側から取り出すために、電流を拡散して活性層へ注入するための電流拡散層が設けられている。

【0008】図13は、従来のGaAs系化合物半導体発光素子の断面構造図である。n型GaAs基板31の上にn型GaAsバッファ層33、n型AlGaInPクラッド層35、AlGaInP活性層37、p型AlGaInPクラッド層39、p型AlGaAs電流拡散層57、p型GaAsコンタクト層43が成長している。p型GaAsコンタクト層43の上にP側電極49が、n型GaAs基板31の裏面にN側電極51が形成されている。

【0009】このような構造のGaAs系化合物半導体発光素子では、P側電極49から流れる電流が、p型AlGaAs電流拡散層57で拡散されてAlGaInP活性層37に注入され、AlGaInP活性層37とp型AlGaInPクラッド層39との接合面で発光した

光が、P側電極49の側から取り出される。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、図12で示した従来のGaN系化合物半導体発光素子では、導電性接着剤55がリードフレーム53の間やpn接合59にまで広がり易く、電極間ショートあるいは接合間ショートによる不良が生じていた。これを避けるために素子サイズを大きくしてリードフレーム53の間隔を広くすることが考えられるが、1枚のウエハから取れる素子数が低下し、生産コストが高くなるという欠点がある。また、リードフレーム53と素子とのマウント位置精度が高精度を要するため、量産性に欠けるという問題もあった。

【0011】一方、図13で示した従来のGaAs系化合物半導体発光素子では、p型AlGaAs電流拡散層57の厚さが不十分であると電流が十分に拡散されず、P側電極49の直下のAlGaInP活性層37のみに電流が注入され、発光した光がP側電極49に遮られて十分に取り出せなくなる。電流拡散が不十分であると、均一な発光が得られず、外部量子効率が著しく低下し、十分な発光パワーが得られないという欠点があった。これを防ぐにはp型AlGaAs電流拡散層57を厚くする必要があるのであるため、生産性コストが高くなるという問題があった。

【0012】さらに、従来例として特開平7-131070のように、オーミック接合特性を示す金属の透明導電膜と、光の波長近傍に最大透過率を持つ透明導電膜との組み合わせも提案されているが、メサエッチングが必要であり、pn接合保護が不十分で信頼性に欠ける。

【0013】本発明は以上のような問題に鑑みて成されたものであり、その目的は、生産コストが低く、量産性に適し、かつ十分な発光パワーが得られる化合物半導体発光素子及びその製造方法を提供することである。

【0014】

【課題を解決するための手段】上述した目的を達成するため、本発明の第1の発明の特徴は、GaN系化合物半導体層から光を取り出す化合物半導体発光素子であって、サファイア基板と、該サファイア基板上に成長した第1導電型GaN層と、該第1導電型GaN層上に成長した第2導電型GaN層と、該第2導電型GaN層と絶縁され、前記第1導電型GaN層上に形成された第1電極と、前記第2導電型GaN層上の一部領域に形成された絶縁膜と、前記第2導電型GaN層上の前記絶縁膜形成領域以外の領域に形成された、前記第2導電型GaN層と同一導電型ドーパントを含む金属薄膜電極と、該金属薄膜電極上に形成された透明電極と、前記絶縁膜上に形成され、少なくとも前記透明電極の一部と接する第2電極とを具備したことにある。

【0015】第2の発明の特徴は、GaN系化合物半導体層から光を取り出す化合物半導体発光素子の製造方法

であって、サファイア基板上に第1導電型GaN層を成長させる工程と、該第1導電型GaN層上に第2導電型GaN層を成長させる工程と、前記第1導電型GaN層上に前記第2導電型GaN層と絶縁する第1電極を形成する工程と、前記第2導電型GaN層上の一部領域に絶縁膜を形成する工程と、前記第2導電型GaN層上の前記絶縁膜形成領域以外の領域に、前記第2導電型GaN層と同一導電型ドーパントを含む金属薄膜電極を形成する工程と、該金属薄膜電極上に透明電極を形成する工程と、前記絶縁膜上に、少なくとも前記透明電極の一部と接する第2電極を形成する工程とを具備したことにある。

【0016】第1及び第2の発明によれば、サファイア基板側から光を取り出す必要がなく、電極が形成されるGaN層側から光を取り出すことができる。第1及び第2電極を共にGaN層側に形成できるので、マウント位置調整が容易となり、生産性が向上する。第2電極下に絶縁膜があるので、第2電極直下で発光することがなく、また第2電極に対するワイヤボンディング時の衝撃が緩和され、素子歩留まりが大幅に向上する。

【0017】第3の発明の特徴は、GaN系化合物半導体層から光を取り出す化合物半導体発光素子であって、サファイア基板と、該サファイア基板上に成長した第1導電型GaN層と、該第1導電型GaN層上に成長した、半絶縁層を有する第2導電型GaN層と、該第2導電型GaN層と絶縁され、前記第1導電型GaN層上に形成された第1電極と、前記第2導電型GaN層の半絶縁層以外の層上に形成された、前記第2導電型GaN層と同一導電型ドーパントを含む金属薄膜電極と、該金属薄膜電極上に形成された透明電極と、前記第2導電型GaN層の半絶縁層上に形成され、少なくとも前記透明電極の一部と接する第2電極とを具備したことにある。

【0018】第4の発明の特徴は、GaN系化合物半導体層から光を取り出す化合物半導体発光素子の製造方法であって、サファイア基板上に第1導電型GaN層を成長させる工程と、該第1導電型GaN層上に半絶縁層を有する第2導電型GaN層を成長させる工程と、前記第1導電型GaN層上に前記第2導電型GaN層と絶縁する第1電極を形成する工程と、前記第2導電型GaN層の半絶縁層以外の層上に、前記第2導電型GaN層と同一導電型ドーパントを含む金属薄膜電極を形成する工程と、該金属薄膜電極上に透明電極を形成する工程と、前記第2導電型GaN層の半絶縁層上に、少なくとも前記透明電極の一部と接する第2電極を形成する工程とを具備したことにある。

【0019】第3及び第4の発明によれば、第2導電型GaN層の第2電極下領域を半絶縁層にしているので、第2導電型GaN層上に絶縁膜を形成する必要がないため、生産性が向上する。第2電極下が第2導電型GaN層の半絶縁層となっているので、電流が透明電極と金属

薄膜電極を介して第2導電型Ga_{0.5}N層に効率良く注入され、十分な発光が可能である。

【0020】第5の発明の特徴は、GaAs系化合物半導体層から光を取り出す化合物半導体発光素子であって、第1導電型GaAs基板と、該第1導電型GaAs基板上に積層した複数層のAlGaInP層と、これらAlGaInP層の最上層に形成された第2導電型GaAs層と、該第2導電型GaAs層上の一部領域に形成された絶縁膜と、前記第2導電型GaAs層上の前記絶縁膜形成領域以外の領域に形成された、前記第2導電型GaAs層と同一導電型ドーパントを含む金属薄膜電極と、該金属薄膜電極上に形成された透明電極と、前記絶縁膜上に形成され、少なくとも前記透明電極の一部と接する第1電極と、前記第1導電型GaAs基板裏面に形成された第2電極とを具備したことにある。

【0021】第6の発明の特徴は、GaAs系化合物半導体層から光を取り出す化合物半導体発光素子の製造方法であって、第1導電型GaAs基板上に複数層のAlGaInP層を積層させる工程と、これらAlGaInP層の最上層に第2導電型GaAs層を形成する工程と、該第2導電型GaAs層上の一部領域に絶縁膜を形成する工程と、前記第2導電型GaAs層上の前記絶縁膜形成領域以外の領域に、前記第2導電型GaAs層と同一導電型ドーパントを含む金属薄膜電極を形成する工程と、該金属薄膜電極上に透明電極を形成する工程と、前記絶縁膜上に、少なくとも前記透明電極の一部と接する第1電極を形成する工程と、前記第1導電型GaAs基板裏面に第2電極を形成する工程とを具備したことにある。

【0022】第5及び第6の発明によれば、厚い電流拡散層が不要になるので、生産性が向上し、コストが低くなる。第1電極下に絶縁膜があるので、電流が第1電極直下には流れず、透明電極と金属薄膜電極を介して第2導電型Ga_{0.5}N層に効率良く注入される。このため、第1電極直下以外での高輝度な発光が可能である。

【0023】第7の発明の特徴は、第5及び第6の発明において、前記絶縁膜は、第1導電型AlGaInP膜あるいは第1導電型GaAs膜であることにある。

【0024】第7の発明によれば、第2導電型GaAs層上に、これとpn逆接合する第1導電型のAlGaInP膜あるいはGaAs膜を形成するので、同類製造方法によって生産性が向上する。

【0025】第8の発明の特徴は、第1乃至第7の発明において、前記金属薄膜電極は、複数の島状に配置されることにある。

【0026】第8の発明によれば、金属薄膜電極が板状でなく、島状に分散して配置できるので、透明電極を介して流れてきた電流を第2導電型GaAs層へ効率良く分散することができる。

【0027】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施形態を図面に基いて説明する。図1～3は、本発明の第一実施形態に係わるGa_{0.5}N系化合物半導体発光素子の製造方法を示す断面構造図である。

【0028】まず、サファイア基板1の上にGa_{0.5}Nバッファ層3、n型Ga_{0.5}N層5、及びp型ドーパントであるMgを含むp型Ga_{0.5}N層7を結晶成長させる(図1(A))。次に、p型Ga_{0.5}N層7にPEP法によるパターンニングとエッチングを行い、n型Ga_{0.5}N層5を露出させる。さらにPEP法を用いてパターンニングを行い、露出したn型Ga_{0.5}N層5の上にTi/Au等を蒸着し、p型Ga_{0.5}N層7と絶縁されるN側電極9をリフトオフ法によって形成する。オーミック電極とするために700℃で20分間のアニールを行う(図1(B))。

【0029】その後、熱CVD法により、絶縁膜となるSiO₂膜11を形成する(図2(A))。SiO₂膜11を、PEP法によって一部領域を残してパターンニングする。p型Ga_{0.5}N層7の上のSiO₂膜11が形成されていない領域に、金属薄膜電極13となるMg/Ni=1nm/2nmを蒸着する。次いで、RFスパッタ法によって厚さ100nmのITO(Indium Tin Oxide)透明電極15を形成した後、リフトオフすることによってp型Ga_{0.5}N層7と同一p型ドーパントであるMgを含む金属薄膜電極13が形成される。金属薄膜電極13とp型Ga_{0.5}N層7との間の密着性とオーミック性を向上させるため、500℃、10分間のアニールを行う(図2(B))。

【0030】さらに、PEP法によるパターンニングとエッチングを行い、SiO₂膜11の上に、ITO透明電極15の一部と接するボンディングパッド用P側電極17をTi/Au等で形成する。この時、N側電極9を覆うSiO₂膜11も同時に除去し、Ti/Au等の金属をオーバーコートする(図3)。

【0031】このように第一実施形態では、p型ドーパントであるMgを含むp型Ga_{0.5}N層7の上の一部領域に、絶縁膜となるSiO₂膜11が形成されている。さらに、p型Ga_{0.5}N層7の上のSiO₂膜11が形成されていない領域に、p型Ga_{0.5}N層7と同一のp型ドーパントであるMgを含む金属薄膜電極13、及びITO透明電極15が形成されている。SiO₂膜11の上には、ITO透明電極15の一部と接するボンディングパッド用P側電極17が形成されている。

【0032】ITO透明電極15は、n型不純物であるSnを含むため、一般にp型Ga_{0.5}N層7の上には形成できない。本発明では、p型Ga_{0.5}N層7と比較的オーミックの取りやすいMgを含む金属薄膜電極13を、発光した光に対して70%の透過率を有するような厚さである2nmの厚さで形成し、さらに金属薄膜電極13のシート抵抗を低減させるために厚さ100nmのITO透明電極15を形成している。

【0033】このため、Mgを含む金属薄膜電極13の作用でオーミック性を犠牲にすること無く、容易にITO透明電極15を形成できる。また、ボンディングパッド用P側電極17がITO透明電極15の一部と接して形成されているので、剥がれやすいMgを含む金属薄膜電極13は、ボンディングに対して十分な強度を持つことができる。

【0034】図3に示すように、本発明のGaAs系化合物半導体発光素子によれば、図12で示した従来のように、サファイア基板1の側から光を取り出す必要がなく、n型GaAs層5とp型GaAs層7との接合面から発光される光を、電極9、17が形成されるGaAs層側から取り出すことができる。

【0035】これにより、図4のように、化合物半導体発光素子をカップ型リードフレーム19に設置してN側電極9とワイアボンディングし、ボンディングパッド用P側電極17とP側電極端子21とをワイアボンディングすることによって集光性を向上させることができる。

【0036】また、ボンディングパッド用P側電極17を、ITO透明電極15の上に直接形成するのではなく、絶縁膜となるSiO₂膜11の上にITO透明電極15の一部と接するように形成している。この結果、電流がP側のITO透明電極15を介して拡散され、金属薄膜電極13を介してp型GaAs層7に効率良く注入されると共に、ワイアボンディング時の衝撃が緩和されて素子歩留まりが大幅に向上する。

【0037】n型GaAs層5の同一面上にN側電極9及びP側電極17を設けることができるため、マウント位置調整が容易となり、生産性が向上する。さらに、ITO透明電極15が形成されている状態でアニールすることにより、金属薄膜電極13がアニールによって再度蒸発して消失あるいは薄膜化してしまうという、電極プロセス上の金属膜厚の制御性の低下と、それに伴う発光素子のI-V特性の悪化を避けることができる。

【0038】なお、SiO₂膜11、金属薄膜電極13、ITO透明電極15、及びボンディングパッド用P側電極17の構造は、図3で示した構造に限らず、図5(A)、(B)のように、ボンディングパッド用P側電極17が金属薄膜電極13及びITO透明電極15の両方に接する構造でも良く、少なくともITO透明電極15の一部に接していれば良いものである。また、図5(C)のように、p型GaAs層7の一部領域層を半絶縁層23(図中、網掛け部)にし、この半絶縁層23の上にボンディングパッド用P側電極17を形成しても良いものである。これによれば、SiO₂膜11を形成する必要がないため、生産性が向上する。

【0039】さらに、金属薄膜電極13の形状は必ずしも板状でなくても良く、例えば図6のように、複数の島状に配置しても良い。このように金属薄膜電極13を複数の島状に分散して配置することにより、ITO透明電

極15を介して流れてきた電流を、p型GaAs層7へ効率良く分散することができる。

【0040】以下に、本発明の第二実施形態を図面に基づいて説明する。図7～9は、本発明の第二実施形態に係わるGaAs系化合物半導体発光素子の製造方法を示す断面構造図である。

【0041】まず、n型GaAs基板31の上にn型GaAsバッファ層33、n型AlGaInPクラッド層35、AlGaInP活性層37、p型AlGaInPクラッド層39、及びp型ドーパントであるZnを含むp型GaAsコンタクト層41を順次積層させる(図7(A))。p型GaAsコンタクト層41の上の一部領域に、n型AlGaInPあるいはn型GaAsの電流ブロック層43を形成する(図7(B))。

【0042】次に、p型GaAsコンタクト層41の上の電流ブロック層43が形成されていない領域に、p型GaAsコンタクト層41と同一のp型ドーパントであるZnを含む金属薄膜電極45を、AuZn=5nm、430℃、15分のシンタによって形成する(図8(A))。さらに、電流ブロック層43と金属薄膜電極45の上に、ITO透明電極47を形成する(図8(B))。

【0043】最後に、電流ブロック層43の上のITO透明電極47をエッチング除去した後、ITO透明電極47の一部と接するP側電極49を形成すると同時に、n型GaAs基板31の裏面にN側電極51を形成する(図9)。

【0044】このように第二実施形態では、P側電極49の下にこれとpn逆接合する、n型AlGaInPあるいはn型GaAsの電流ブロック層43を形成し、P側電極49の直下に電流が流れることを阻止している。また、P側電極49がITO透明電極47の一部と接しているため、図9のように、電流がITO透明電極47を介して拡散され、AlGaInP活性層37に効率良く注入される。この結果、AlGaInP活性層37とp型AlGaInPクラッド層39との接合面において、均一な発光が得られると共に発光した光を効率良く取り出せる。

【0045】さらに、電流ブロック層43をGaAs系化合物半導体で形成しているため、同類製造方法で形成可能であると共に、図13で示した厚いp型AlGaAs電流拡散層57が不要であるため、生産性が向上し、コストが低くなる。

【0046】なお、電流ブロック層43、金属薄膜電極45、ITO透明電極47、及びP側電極49の構造は、図9で示した構造に限らず、図10(A)～(C)のように、P側電極49が金属薄膜電極45及びITO透明電極47の両方に接する構造でも良く、少なくともITO透明電極47の一部に接していれば良いものである。

【0047】また、電流ブロック層43は、n型AlGaInPあるいはn型GaAsである必要はなく、SiO₂等の絶縁膜で形成しても良いものである。この場合は、図10(A)～(D)で示すような構造にすることが可能である。さらに、金属薄膜電極45の形状は必ずしも板状でなくても良く、第一実施形態でも説明したように、図6のような複数の島状に配置しても良い。

【0048】以上説明してきた本発明のGaN系化合物半導体発光素子と従来のそれとの、I-V特性、及び光出力特性を比較したグラフを図11に示す。図中、点線が本発明と従来のI-V特性、実線が本発明の光出力特性、一点鎖線が従来の光出力特性を示す。20mAの電流に対する順方向電圧は本発明、従来共に3.8V、従来の光出力は約70μWであるのに対し、本発明のそれは100μWという良好な特性が得られた。ウエハ面内のI-V特性や光出力のばらつきも非常に少なく、素子歩留り90%以上であった。

【0049】なお、第一及び第二実施形態では、GaN層として説明したが、これに限定されるものでなくIn_xGa_yAl_zN層： $x+y+z=1$ 、 $0 \leq x, y, z \leq 1$ でよい。また、金属薄膜電極13、45の材料としてNiやAuZn、透明電極15、47の材料としてITO (Indium Tin Oxide)を用いたが、これに限るものではない。例えば、金属薄膜電極13、45の材料としては、AuBe、AuMg、AuGe等のp型GaN層7あるいはp型GaAsコンタクト層41に対するドーパントを含む材料であれば良い。また、透明電極15、47に対する密着性向上のため、金属薄膜電極13、45をNi、AuZn、Ti/AuZn等の多層構造としても良い。

【0050】さらに、金属薄膜電極13、45をオーミック電極とするためのシタは、金属薄膜電極13、45を形成した後行っても良いし、ITO透明電極15、47を形成した後行っても良い。

【0051】

【発明の効果】以上、本発明の化合物半導体発光素子及びその製造方法によれば、化合物半導体層の上にこれと同一導電型ドーパントを含む金属薄膜電極を形成し、その上に形成された透明電極の少なくとも一部と接する電極を形成したので、生産コストが低く、量産性に適した化合物半導体発光素子を提供することができる。また、透明電極の下に絶縁膜などを設け、透明電極直下に電流が流れないようにしたので、発光面に効率良く電流が流れるため、十分な発光パワーの光が取り出せる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第一実施形態に係わる製造方法を示す

断面構造図。

【図2】図1に続く断面構造図。

【図3】図2に続くGaN系化合物半導体発光素子の断面構造図。

【図4】第一実施形態の発光素子をカップ型リードフレーム21に設置した断面図。

【図5】第一実施形態に係わるP側電極周辺の他の構造を示す断面構造図。

【図6】金属薄膜電極の他の形状を示す斜視図。

10 【図7】本発明の第二実施形態に係わる製造方法を示す断面構造図。

【図8】図7に続く断面構造図。

【図9】図8に続くGaAs系化合物半導体発光素子の断面構造図。

【図10】第二実施形態に係わるP側電極周辺の他の構造を示す断面構造図。

【図11】本発明と従来のI-V特性及び光出力特性を比較したグラフ。

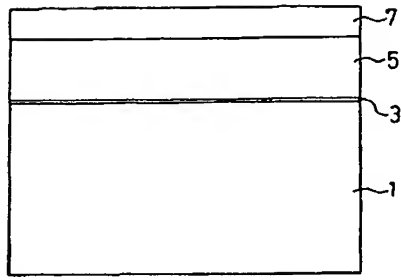
20 【図12】従来のGaN系化合物半導体発光素子の断面構造図。

【図13】従来のGaAs系化合物半導体発光素子の断面構造図。

【符号の説明】

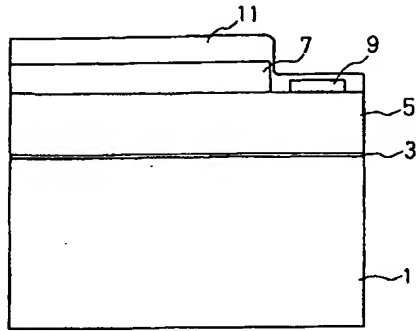
- 1 サファイア基板
- 3 GaNバッファ層
- 5 n型GaN層
- 7 p型GaN層
- 9 N側電極
- 11 SiO₂膜
- 30 13 金属薄膜電極
- 15 ITO透明電極
- 17 ボンディングパッド用P側電極
- 19 カップ型リードフレーム
- 21 P側電極端子
- 23 半絶縁層
- 31 n型GaAs基板
- 33 n型GaAsバッファ層
- 35 n型AlGaInPクラッド層
- 37 AlGaInP活性層
- 40 39 p型AlGaInPクラッド層
- 41 p型GaAsコンタクト層
- 43 電流ブロック層
- 45 金属薄膜電極
- 47 ITO透明電極
- 49 P側電極
- 51 N側電極

【図1】



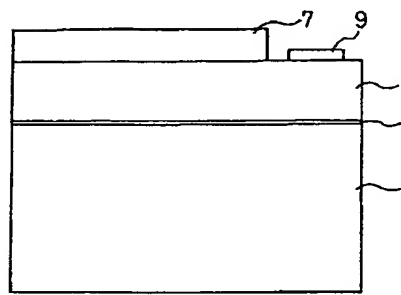
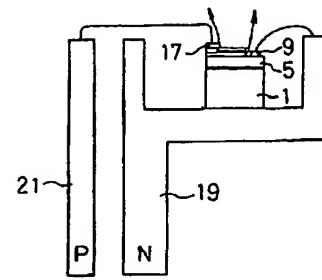
(A)

【図2】

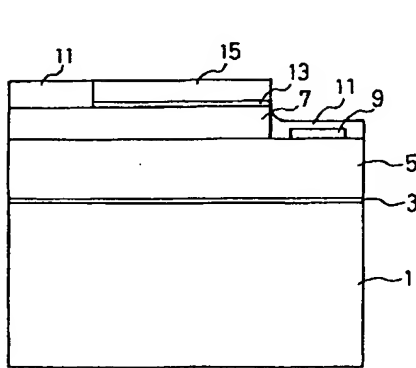


(A)

【図4】

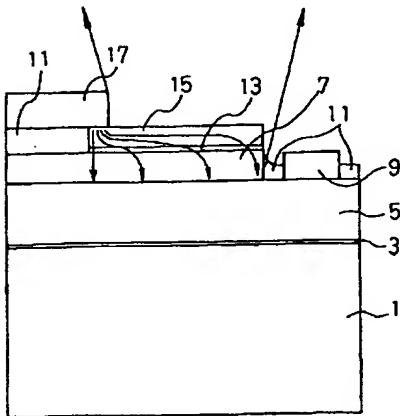


(B)

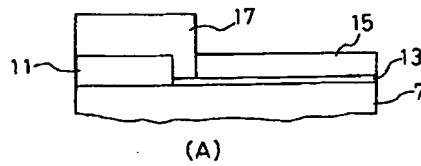


(B)

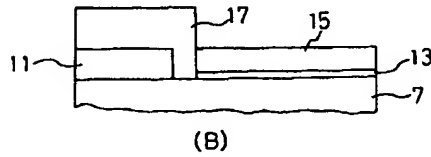
【図3】



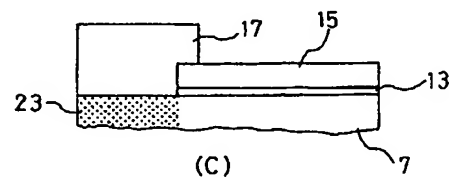
【図5】



(A)

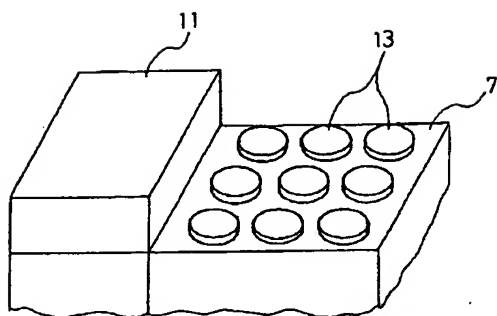


(B)

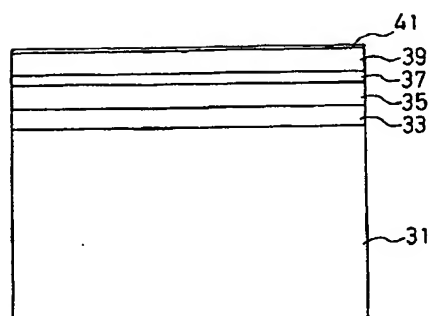


(C)

【図6】

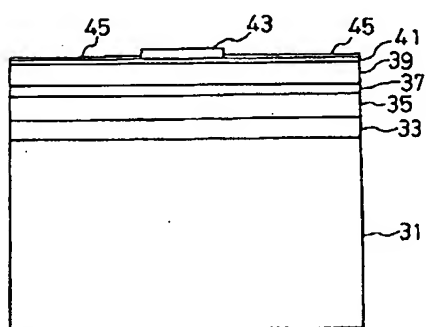


【図7】

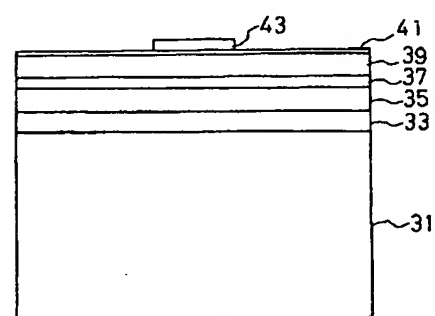


(A)

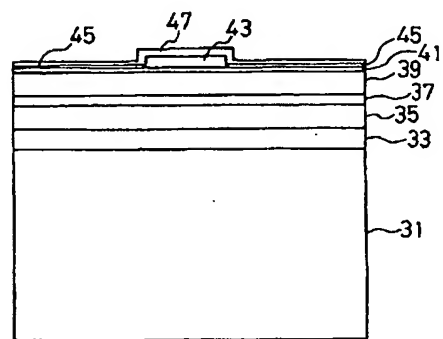
【図8】



(A)

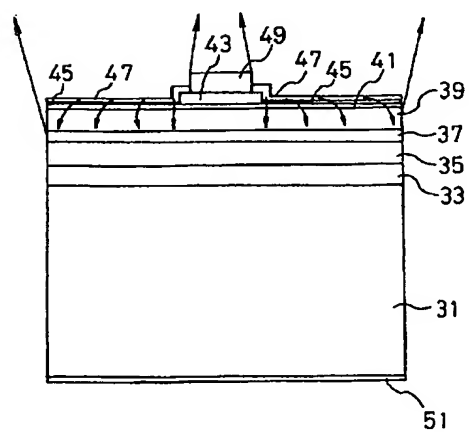


(B)

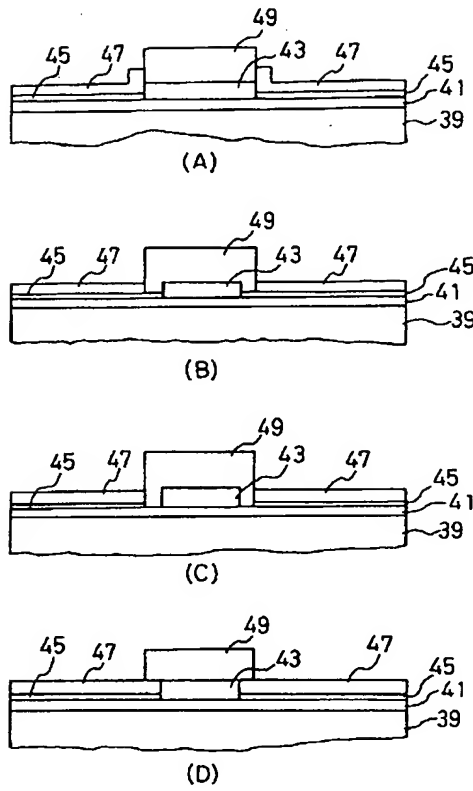


(B)

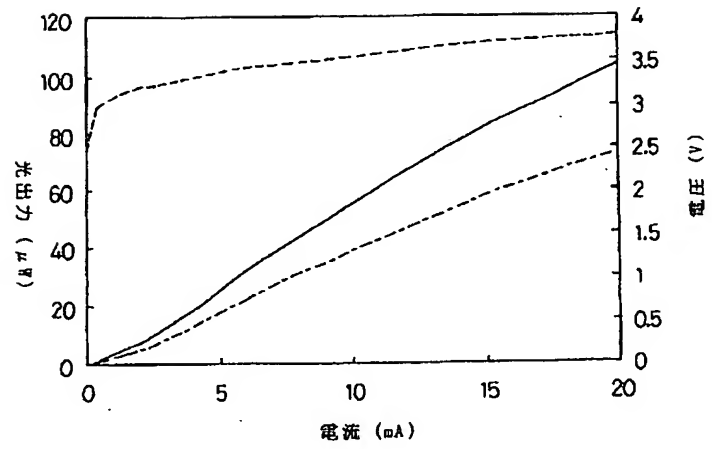
【図9】



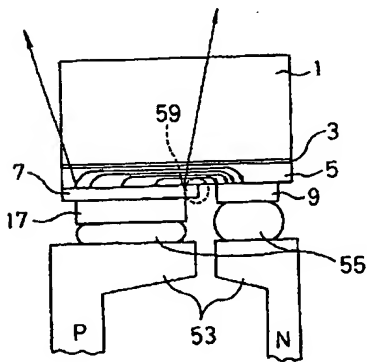
【図10】



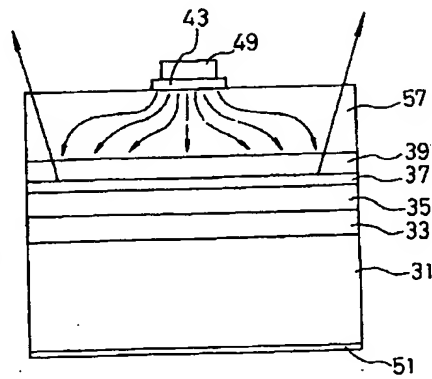
【図11】



【図12】



【図13】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☒ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.